

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 8-15284

(43) 公開日 平成 8 年 (1996) 1 月 19 日

(51) Int. Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G01N 37/00	A			
C23F 1/00	A	9352-4K		

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平 6-153224

(22) 出願日 平成 6 年 (1994) 7 月 5 日

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子 3 丁目 30 番 2 号

(72) 発明者 伏見 正弘

東京都大田区下丸子 3 丁目 30 番 2 号 キヤノン株式会社内

(72) 発明者 島田 康弘

東京都大田区下丸子 3 丁目 30 番 2 号 キヤノン株式会社内

(72) 発明者 八木 隆行

東京都大田区下丸子 3 丁目 30 番 2 号 キヤノン株式会社内

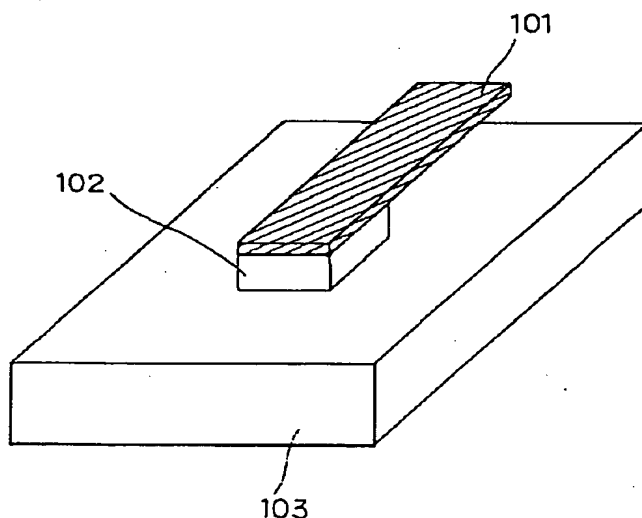
(74) 代理人 弁理士 若林 忠

(54) 【発明の名称】 微小構造体、その形成方法ならびにその構造体を用いた原子間力顕微鏡、走査型トンネル電流顕微鏡および光偏向装置

(57) 【要約】

【構成】 基板の一部を片面からエッチング除去してその基板中に薄板部を形成し、エッチング面と逆の面の一部をエッチング除去して微小構造体形成用溝を薄板形成部に形成し、その 2 つのエッチング工程を施した基板をその微小構造体用溝を形成した面で他の基板と接合し、前記の最初のエッチング工程によって薄板部が形成された基板面から薄板部の少なくとも一部をエッチング除去して、薄板部を基板から分離することによって、微小構造体を形成する。

【効果】 形成時の残留応力などに起因するたわみ、ハンドリングによる傷を介在とした構造体の破壊を大幅に抑制することができ、性能の優れた微小構造体を高精度・高歩留りで形成することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板の一部を片面からエッチング除去し該基板中に薄板部を形成する第1のエッチング工程、該エッチング面と逆の面の一部をエッチング除去して微小構造体形成用溝を薄板形成部に形成する第2のエッチング工程、前記2つのエッチング工程を施した基板を該微小構造体用溝を形成した面での他の基板と接合する工程、前記第1のエッチング工程によって薄板部が形成された基板面から薄板部の少なくとも一部をエッチング除去して該薄板部を基板から分離する工程を含む微小構造体の形成方法。

【請求項2】 基板の少なくとも一部がシリコン単結晶からなる請求項1記載の方法。

【請求項3】 基板の少なくとも一部が感光性ガラスからなる請求項1記載の方法。

【請求項4】 薄板部の少なくとも一部が酸化シリコンからなる請求項1記載の方法。

【請求項5】 2つの基板の接合が陽極接合である請求項1ないし4のいずれか1項に記載の方法。

【請求項6】 2つの基板の接合が金属材料面の圧着である請求項1ないし4のいずれか1項に記載の方法。

【請求項7】 請求項1ないし6のいずれか1項に記載の方法で形成した微小構造体。

【請求項8】 請求項1ないし6のいずれか1項に記載の方法で形成された微小構造体を検出用プローブ部に組み込んだ原子間力顕微鏡。

【請求項9】 請求項1ないし6のいずれか1項に記載の方法で形成された微小構造体をプローブ部に組み込んだ走査型トンネル電流顕微鏡。

【請求項10】 請求項1ないし6のいずれか1項に記載の方法で形成された微小構造体を微小偏向器に組み込んだ光偏向装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、シリコン薄板構造体の作製方法、特にAFMやSTMの検知プローブに適用される微小な構造体の作製方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 マイクロメカトロニクス技術により作製されるカンチレバー等のシリコンの微小構造体は、原子間力顕微鏡 (AFM) や走査型トンネル電流顕微鏡 (STM) のプローブ部や、光偏向装置の微小偏向器において利用されている。これらの装置において、微小構造体は、シリコンや酸化シリコンなどを用いて構成されている。

【0003】 これら微小構造体の作製方法としては、以下のようなものが挙げられる。

(1) 薄膜で構造部を形成する方法、(2) 構造体を形成する単結晶基板を接合する方法。

【0004】 ここで、(1) および (2) の方法を用い

て微小構造体を形成する方法を説明する。

【0005】 図16に、薄膜形成方法を用いてカンチレバーを形成する方法を示した。まず、図16(a)のように、基板1601上に、酸化シリコン等で形成される犠牲層1602を真空成膜法を用いて形成した後、

(b) のようにポリシリコン膜などのカンチレバー部材1604を堆積させる。次に、(c) のように犠牲層をエッチング除去することにより、カンチレバー1603を形成する。

【0006】 図17には、単結晶シリコンを用いて微小構造体を形成する方法を示した。図17(a)のように第1の基板1701上にパイレックスガラス層を形成する。次に、(b) のように陽極接合法などの方法を用いて第2の基板1703を結合させる。その後、(c) に示すように、機械的研磨法やエッチング法を用いて所望の厚みまで第2の基板1703を削る。最後に、(d) に示すように不要部分をエッチング除去してカンチレバー部1704と台座部1705を形成する。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、これらの方法において、(1) の方法では、膜形成時の応力制御が難しく、残留応力により微小構造体の変形が起きやすいという問題がある。また、(2) の方法では、接合時のハンドリングによる破壊の問題から、接合基板の厚みを小さくできず、エッチング除去法を用いる場合には、工程時間が長く、量産性が低いという欠点がある上、エッチングにより他の構成部に影響を及ぼすという問題も有している。また、機械的研磨による方法においても、研磨時に破壊や歪が発生しやすいという問題や研磨材による汚染の問題があった。

【0008】 そこで本発明は、これらの問題を解決して、微小構造体形成時の破壊を大幅に低減して、精度と歩留りが向上した微小構造体の形成方法を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】 本発明は、基板の一部を片面からエッチング除去し該基板中に薄板部を形成する第1のエッチング工程、該エッチング面と逆の面の一部をエッチング除去して微小構造体形成用溝を薄板形成部に形成する第2のエッチング工程、前記2つのエッチング工程を施した基板を該微小構造体用溝を形成した面での他の基板と接合する工程、前記第1のエッチング工程によって薄板部が形成された基板面から薄板部の少なくとも一部をエッチング除去して該薄板部を基板から分離する工程を含む微小構造体の形成方法、その方法で得られる微小構造体ならびにその方法で得られた微小構造体を用いた原子間力顕微鏡、走査型トンネル電流顕微鏡および光偏向装置を提供する。

【0010】 すなわち、本発明の方法では、薄板部とその薄板部を保持する枠部部を設けることにより、(1)

成膜時の残留応力などに起因するたわみ、(2)ハンドリングによる傷を介在とした構造体の破壊を大幅に抑制することを可能であり、微小構造体の形成の精度と歩留りが飛躍的に向上する。また、接合後のエッチング時間を短縮することができることから、量産性が高まり、同時にエッチング液による他の構成材料への影響が少ない。

【0011】また同時に、本発明の方法では、エッチング量あるいは研磨量を小さく抑えることができるため、エッチャントの消費量やエッチング装置の汚れが少なく、優れた生産性を達成できる。さらに、枠部は多結晶太陽電池などのシリコン原料として容易に再生することが可能であり、原料面のリサイクル効果もある。

【0012】

【実施例】以下、本発明を、図に示す実施例に基づいて詳細に説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。

【0013】(実施例1) 図1~図3は、本発明の微小構造体の形成方法の第一の実施例を示すものである。図1は本発明の微小構造体形成法を用いて形成したカンチレバーの構造を示す斜視図であり、図2は本実施例の微小構造体形成方法に用いるシリコン基板の構造を示す斜視図であり、図3は本発明の微小構造体の作製方法を示す工程図である。

【0014】これら図1~3において、101はカンチレバー部、102は台座部、103は構造体保持基板部、201は枠部、202は薄板部、301は微小構造体形成基板、302は窒化シリコン膜、303はエッチング部、304はシリコンの(111)結晶面、305は溝部、306は構造体保持基板、307は台座部、308はカンチレバー部である。

【0015】図1において、カンチレバー部101は台座部102を介して構造体保持基板103と結合している。このカンチレバー構造体は、AFMやSTMの検知部の駆動用レバーや光偏向器など各種の微小構造部として応用が可能である。図2の微小構造体形成基板においては、薄板部202が枠部201内にあり、図1のカンチレバー部101は、その個々の薄板部202に形成される。このとき、枠部101および薄板部102は、シリコン(100)単結晶基板の一部をエッチング除去することによって形成したものである。この薄板部の裏面に微小構造体に沿った溝(図示せず)を形成し、他の基板上に裏面で接合し、その後、上面よりエッチングを行うことにより、上述した溝部で枠部101を切り放し、他の基板上に図1に示した微小構造体であるカンチレバー部101等を形成する。

【0016】以下、本発明の微小構造体形成方法の基本的部分である作製工程を、図3に示した本実施例のカンチレバーの作製工程をもとに詳細に説明する。

【0017】図3(a)において、窒化シリコン膜30

2の形成には、ジクロロシランおよびアンモニアガスを原料としたLPCVD成膜法を用いて微小構造体形成基板301に0.2 μ mの厚さに堆積させた。次に、マスクアライナー装置を用いてレジストマスクを形成し、反応性イオンエッチング法により、エッチング部303の窒化膜を除去する。なお、反応性イオンエッチングは、四フッ化炭素を用いて行った。

【0018】次に、この基板を約110℃に加熱した水酸化カリウム水溶液で所定の時間だけエッチングし、図3(b)の枠部309を形成した。ここで、シリコンの(111)結晶面304はシリコンの結晶面によるエッチング速度の違いによって出現する。本実施例において、薄板部の厚さは20 μ mとした。

【0019】また、本実施例では、エッチング溶液として水酸化カリウムを用いたが、ヒドラジン、アンモニア、テトラメチルアンモニウムハイドロキサイド等のシリコンに異方性エッチングを施すことのできるエッチング液を使用してもよい。また、電解エッチング法等の公知の方法を用いて、厚み精度良く作製することも可能である。さらに、フッ酸と硝酸の混合水溶液による等方性エッチングを本実施例に適用して、図2の枠部201および薄板部202を形成することも可能である。次に、図3(c)に示すように、別の基板である構造体保持基板306上にスパッタ法を用いて酸化シリコン膜を3 μ m厚に形成し、イオンミリング法を用いてカンチレバー台座部307を形成した。

【0020】次に、図3(d)に示すように、微小構造体形成基板301と構造体保持基板306を貼り合わせた。この場合、スクリーン印刷によりエポキシ系接着剤(図示せず)を接合部領域に塗布して結合させた。

【0021】次に、図3(e)に示すように、六フッ化イオウを用いて図中上面より反応性イオンエッチングによってエッチングを行ない、微小構造体形成基板301の枠部309とカンチレバー部308を分離して、枠部309を取り除いた。

【0022】本実施例において、カンチレバーの大きさは、200 μ m \times 40 μ mであり、4インチシリコンウェハー中に54個のカンチレバーを同時に形成した。なお、本実施例において、カンチレバーの反り量は1 μ m以下で、極めて小さかった。

(実施例2) 図4~図7は、本発明の微小構造体の形成方法の第2の実施例を示す図である。図4は本実施例の微小構造体形成方法を適用して作製したトーション型原子間力顕微鏡(AFM)の検出用プローブ部の構造図、図5は本実施例の作製プロセスを示す工程図、図6は探針形成用型材の平面図、図7は図6の探針形成用型材のA-A'断面図である。

【0023】図4および5において、401はレバー部、402はヒンジ部、403は探針部、404は検出用上電極引き出し部、405はコンタクト電極部、40

6はコンタクト部、407は台座部、408は検出用下電極部、409は静電変位検出回路部である。

【0024】以下に、本実施例で形成した原子間力顕微鏡（AFM）の検出プローブについて、その構成および駆動方法について説明する。

【0025】図4のAFM検出用プローブは、プローブが検出試料面を走査機構（図示せず）により走査するときに、探針部403が試料面の凹凸に従って上下に変位する。このとき、レバー部401はヒンジ部402の捻れにより、ヒンジ部402の中心を軸として回転し、レバー裏面に形成された上電極部（図示せず）と下電極部408との距離が変化する。このときの容量変化量を検出回路409で検出することにより、凹凸信号として検出を行う。

【0026】次に、図5のAFMプローブの作製プロセス図を用いて、本発明の微小構造体の形成方法について、さらに詳細に説明する。

【0027】図5において、501は微細構造体形成基板、502は窒化シリコン膜、503はエッチング部、504はシリコンの（111）結晶面、505は溝部、506は接合用上電極およびその引き出し部、507は接合用上電極と一部兼用される検出用上電極およびその引き出し部、508は検出回路側基板、509は検出用下電極、510は接合用下電極、511は台座部、512は犠牲層、513はコンタクト部、514は探針接続部、515は探針部である。

【0028】図5（a）において、窒化シリコン膜502の形成には、実施例1と同様にジクロロシランおよびアンモニアガスを原料としたLPCVD成膜法を用いて微小構造体形成基板501に0.2 μ mの厚さに堆積させた。以下、実施例1と同様に、マスクアライナー装置を用いてレジストマスクを形成し、反応性イオンエッチング法により、エッチング部503の窒化膜を除去した。なお、本実施例においては、反応性イオンエッチングは四フッ化炭素、異方性エッチングは90℃に加熱したテトラメチルアンモニウムハイドロキサイドを用いて行った。実施例1同様、シリコンの（111）結晶面504はシリコンの結晶面によるエッチング速度の違いにより出現する。なお、本実施例において、薄板部の厚さは15 μ mとした。

【0029】次に、裏面の窒化シリコン膜を反応性イオンエッチング法により全面除去した後、レジストをマスクとして、六フッ化硫黄ガスを用いた反応性イオンエッチングにより、レバー部401の形状に沿って溝507を同時にアルミニウム蒸着およびリフトオフ法を用いて形成する。ここで、図5（c）は、AFM検出用回路（図示せず）が形成されている検出回路側基板508を示す。検出用下電極509および接合用下電極510をリフトオフ法を用いてアルミニウムの蒸着によって形成した。

【0030】次に、スパッタ法を用いて鉛を含有した低融点ガラス膜を3 μ m厚に形成し、イオンミリング法を用いてレバー台座部511を形成し、最後に酸化亜鉛を用いて、スパッタ法とエッチング法により、犠牲層512を形成した。

【0031】図5（d）は、微小構造体形成基板501とAFM検出回路側基板508の接合の様子を説明する図である。両方の基板をアライメントマーカにより合わせた後、接合用下電極510を正極、接合用上電極507を負極として100Vの直流電圧を、100℃の雰囲気中で5分間印加することにより、2つの基板501と508をレバー台座部511で接合した。

【0032】また、アライメント合わせにおいては、赤外線カメラを用い、2つの基板の接合面にそれぞれ形成した金属材料によるマーカにより、アライメント合わせを行った。

【0033】次に、六フッ化硫黄を用いて図中上面より反応性イオンエッチングによりエッチングを行い、微小構造体形成用基板501の枠体部とレバー部401、ヒンジ部402および台座部407の形成された部分を分離した後、枠体部を機械的に取り除いて、図5（e）のような状態とする。

【0034】次に、図5（f）に示すように、コンタクト部513をアルミニウムのリフトオフ法により形成して、検出用上電極部506と接合用下電極部510を接続、探針接続部514を金のリフトオフ法により形成した後、探針部515を接続した。この後、犠牲層512をエッチング除去することにより、AFMプローブが完成した。なお、犠牲層512のエッチングには、過酸化水素水とアンモニア水の混合液を用い、レバー部の基板部508への貼り付きを防止するために80℃でエッチング液とジクロロベンゼンの置換を行い、室温に戻した後、真空中に保持し、ジクロロベンゼンを取り除く凍結乾燥法を用いた。

【0035】また、探針部515の形成は、型材にて成形した金探針の転写により行った。この方法については、図6および図7を用いて説明する。

【0036】図6および図7において、601は単結晶シリコン（100）基板、602は探針形成用の溝を示す。

【0037】図6および図7において、探針部515を形成するための溝部602は上述したシリコン単結晶の異方性エッチングにより形成する。探針部515は、リフトオフ法を用いて金を1 μ m厚に蒸着法で形成した。この探針部515をレバー上に形成したクロムを下引き層として金を0.1 μ m堆積し形成した接続部514に圧着して、探針を転写して形成した。

【0038】なお、本実施例のプローブサイズは、レバー部401が200 μ m×100 μ m、ヒンジ部402が50 μ m×15 μ mで厚みは1 μ mであり、約30k

Hzに共振周波数を有する。また、レバー部の反り量は $2\mu\text{m}$ 以下であり、同時に形成したレバー間の反り量の差は検出されなかった。

【0039】本実施例において基板の接続は、アルミニウムと鉛含有ガラスとの間の陽極接合により行ったが、シリコンとアルカリ含有ガラスとの間の陽極接合法、エポキシ系接着剤、感光性接着剤、ペースト状にした低融点金属をスクリーン印刷等の方法を用いて接続部に形成し、必要に応じて紫外線照射や温度制御を行って接続する方法、低融点金属を真空形成方法を用いて接続部に形成し熱処理によって接合する方法、探針の形成の説明で示した金属の圧力を印加しての接続方法等の他の接合方法を適用することが可能である。

【0040】また、本実施例のAFMにおいて、検出は静電的に行ったが、プローブの変位を光こて法などの他の方法で行うことも可能である。その場合は、検出用の電極が不要となり、プローブ構成が単純化される。また、必要に応じて、光照射部に金属等の高反射率部材を形成することによって検出感度を向上させることが可能である。

【0041】さらに、本実施例の作製方法で形成した構造体は、走査型トンネル顕微鏡（STM）等の検出プローブ、探針による書き込みおよび検出を利用したメモリシステム用の書き込み／再生プローブ等の微小構造体の作製方法として広く適用することが可能である。

【0042】（実施例3）図8から図9は、本発明の微小構造体形成方法の第3の実施例を示すものであり、図8は本実施例に用いる構造体形成用基板の一部を示す図であり、図9は本実施例の作製工程図である。

【0043】本実施例は、実施例2と同じ構成のAFM検出用プローブの作製を、主構成材料として酸化シリコンを用いて行う方法を示す。

【0044】図8および図9において、801はシリコン単結晶接合側基板部、802は枠体部、803は薄板部、804は熱酸化により形成した酸化シリコン部、901はシリコン基板中のシリコン部、902は駆動用上電極部、903は圧着部、904は溝部、905は駆動側基板、906はレバー台座部、907は駆動下電極、908は接続部、909は引き出し電極部、910は犠牲層部、911はレジスト、912は探針部である。

【0045】図8において、枠体部802と薄板部803は、以下のように形成した。まず、熱酸化により酸化シリコン層802を形成した。なお熱酸化は、水素-酸素混合雰囲気中でシリコン基板801を 1150°C に一昼夜保持することにより行った。

【0046】次に、フォトリソグラフィ法およびフッ酸によるエッチング法を用いてエッチング部の酸化シリコン層を除去する。次に、治具（図示せず）を用いてシリコン基板801の片側よりエッチングを行い、シリコン

単結晶基板に薄板部803を形成した。なお、シリコン基板801のエッチング液は、実施例1と同様に水酸化カリウムを用いた。

【0047】つぎに、図9を用いて実施例2と同様の構成のAFMの作製方法について詳細に説明する。

【0048】図9（a）は、図8のシリコン基板801を断面方向から見た図である。ここで、下側の酸化シリコン層804の厚みは $10\mu\text{m}$ である。

【0049】図9（b）は、切り放し用の溝部904および駆動用上電極902、圧着部903を形成した状態を示す。溝部904は、四フッ化炭素を用いた反応性エッチングにより $4\mu\text{m}$ の深さに形成した。また、駆動用上電極902と圧着部903は密着性を高めるためクロムを下地として $0.05\mu\text{m}$ 、金を $0.3\mu\text{m}$ 連続的にスパッタして形成した。なお、左右の圧着部903はそれぞれ、駆動用上電極902とチップ部（図示せず）とに接続している。

【0050】図9（c）は、駆動側基板905を示し、酸化シリコンで構成されるレバー台座部906をスパッタ法により $2\mu\text{m}$ の厚さに形成後、駆動下電極907、接続部908、引き出し電極部909を形成し、次に、レジストによる犠牲層910を形成した状態を示す。なお、駆動下電極部907、接続部908と引き出し電極部909は、クロムを下地として $0.05\mu\text{m}$ 、金を $1\mu\text{m}$ 連続スパッタして形成した。

【0051】図9（d）は、構造体形成用基板を駆動用基板905に圧着した状態を示す。なお、このときの圧着は、4インチのウェハー当たり約 1kgf の力を印加して行った。その後、実施例1と同様の方法を用いて枠体部を取り除いた。

【0052】図9（e）は、探針部912の形成方法を示す図であり、レジスト911を探針形成部が逆テーパ形状になるように形成し、基板を蒸着源に対して傾けた状態で回転させて探針部912を形成した。

【0053】図9（f）は犠牲層912および探針形成用のレジスト911を除去した状態を示す。なお、レジストの除去は、酸素プラズマを用いたアッシング法によって行った。

【0054】また、本実施例において構造体形成用基板として、PEG3感光性ガラス（HOYA（株）製）等の加工性ガラスを用いることが可能である。その場合には、薄板部形成パターンで紫外線照射を行い、マスク材を取り除いた後、約 600°C で熱処理による現像を行い、さらにその後、紫外線を照射して未露光部を露光する。その後、 10% フッ化水素酸溶液で治具（図示せず）を用いて片側からエッチングを行い、構造体形成用基板を形成する。以下、上記と同様の工程を用いることにより、反りのないレバーの形成を行うことができた。

【0055】（実施例4）図10～図12は、本発明の微小構造体作製方法の第4の実施例を示すものである。

図10はシリコン単結晶基板を用いて作製した微小構造体、図11は、その微小構造体の作製工程を示す図であり、図12はその微小構造体を投影型表示装置のマルチ型光偏向器として用いた例を示す。

【0056】図10～図12において、1001～1004はカンチレバー、1005は台座部、1006は下電極部、1007は上電極部、1008は上電極引き出し部、1009は駆動側基板、1101はシリコン基板、1102はマスク部、1103は溝部、1104は枠部、1105は薄板部、1106～1109はカンチレバー部を示す。

【0057】図10において、下電極1006と上電極1007の間に電圧を印加することにより、カンチレバー1001～1004はそれぞれの厚みに従って変位する。その際、印加電圧を大きくするに従って、カンチレバーは厚さの小さい1001から順に下電極にぶつかるまで変形する。そのため、印加電圧を制御することにより、レバーの変位角度を変化させることが可能となる。

【0058】次に、図11を用いてそのカンチレバー1001～1004および台座部1005の作製方法について説明する。

【0059】図11は図10のA-A'断面における構造体形成方法を示し、(a)は実施例1と同様の方法を用いて単結晶シリコン基板1101から薄板部1105および溝部1103を形成した状態を示す。ここで、溝部1103は実施例1と同様の方法を用いて形成した。また、エッチング用マスク部1102としては、レジストを用いた。図11(b)および(c)は、カンチレバー1106～1109に厚み変化を形成する工程を説明する図であり、厚みを変える領域ごとにレジストパターニングを行って、エッチング部を別々に形成し、ドライエッチングを繰り返すことにより、厚さの異なる微小構造体を形成している。図11(d)は台座部1005も同様な方法で形成した状態を示す。

【0060】次に、図11(d)の下面にスパッタ法を用いて絶縁層および接合層として機能するガラス層(図示せず)を0.2 μ mの厚さに堆積させた。

【0061】次に、図10における下電極部1006上にレジストによる犠牲層(図示せず)を駆動用基板1101上に形成し、引き続きアルミニウムにより形成した

引き出し電極部1008を形成する。
【0062】次に、引き出し電極部1008を正極、シリコン基板1101を負極とした陽極接合法により、引き出し電極部1008と台座部1005上に形成したガラス層(図示せず)間で結合させた。この後、四フッ化炭素を用いた反応性イオンエッチング法により、微小構造体部を薄板部1105から切り放した。最後に、スパッタ法およびエッチングによりアルミニウムで光反射層として機能する上電極部1007を形成した後、酸素プラズマアッシングによりレジストを除去して微小構造体

とした。

【0063】なお、カンチレバー1106～1109の長さは50 μ m、幅は各8 μ m、厚さは薄い方から0.4 μ m、0.6 μ m、0.8 μ m、1.0 μ mとし、カンチレバー1106～1109の上面から下電極1006までの距離は5 μ mとした。

【0064】また、本実施例においては薄板部1105を先に形成してから、微小構造体形成用溝部1103を形成したが、シリコン基板1101に微小構造体形成用溝部1103を形成した後、片面からのエッチングにより薄板化して薄板部1105を形成することも可能である。

【0065】本実施例で作製した光偏向器の上電極部1007と下電極部1006の間に電圧を印加したところ、カンチレバーの変位が顕微鏡で観測された。平行光を用いて反射光量測定したところ、25Vで電圧印加のないときに比べて80%、65Vで55%、30Vで30%、100Vで5%となった。

【0066】図12は、図10で示した微小構造体を2次元アレイ状に形成し、プロジェクション表示装置の画像形成ミラーとして利用した様子を示す図であり、1201は微小構造体部、1202は上電極部、1203は引き出し電極部、1204は下電極部、1205は駆動側基板、1206は入射光、1207は反射光を示す。

【0067】本構成において、微小構造素子1201を300×200個の配列に形成し、0～100Vの矩形波により、マトリックス駆動したところ、階調の良好な投影画像が得られた。

【0068】(実施例5)図13～図15は、本発明の微小構造体作製方法の第5の実施例を示すものである。図13はシリコン単結晶基板を用いて作製した微小構造体を示す図であり、図14はその微小構造体の作製工程図、図15はその微小構造体を投影型表示装置のマルチ型偏向器として用いたものの1例の図である。

【0069】図13～15において、1301～1304はヒンジ部、1305は台座部、1307は上電極引き出し部、1308は駆動側基板、1309は光反射機能を有するレバー部、1401は薄板部、1402はマスク部、1403は溝部、1404および1405はヒンジ部を示す。

【0070】図13において、駆動側基板1308中に形成された下電極(図示せず)と光反射部1309上に形成された上電極(図示せず)の間に電圧を印加することにより、レバー部1309は結合しているヒンジ部1301～1304の厚みおよび幅に従って変位する。その際、印加電圧を大きくするに従い、レバー部は厚みおよび幅の小さい1301から順に下電極にぶつかるまで回転駆動する。このため、印加電圧を制御することによりレバーの変位角度を変化させ、反射光量を制御することが可能となる。

【0071】次に、図14を用いてこのレバー部1309、ヒンジ部1301~1304および台座部1305の作製方法について説明する。

【0072】図14は、図13のA-A'断面における構造体形成方法を示し、(a)は実施例1と同様の方法を用いて単結晶シリコン基板から薄板部1401を形成した状態を示す。また溝部1403も、実施例1と同様の方法を用いて形成した。また、エッチング用マスク部1402としては、アルミニウムを用いた。図14

(b)および(c)は、カンチレバー1405~1408に厚み変化を形成する工程を説明する図であり、厚みを変える領域ごとにレジストパターニングおよびアルミニウムのエッチングを行って、ドライエッチングを繰り返すことにより、厚さの異なる微小構造体を形成している。図14(d)は、最終的な形状を示す。なお、実施例4同様、図14(d)の下面にスパッタ法を用いて絶縁層および接合層として機能するガラス層(図示せず)を0.5μmの厚さに形成している。また、他の工程も実施例4と同様の方法を用いて形成した。

【0073】なお、ヒンジ部1405~1408の長さは8μm、幅および厚みは同じとし、小さい方から3μm、4μm、5μm、6μmとした。また、レバー部1309のサイズは、長さ30μm、幅10μmとし、レバー部1309上面から下電極1306までの距離は15μmとした。

【0074】本実施例で作製した光偏向きの上電極(図示せず)と下電極1306の間に電圧を印加したところ、レバー部の変位が顕微鏡で観察された。平行光を用いて反射光量を測定したところ、20Vで電圧印加のないときに比べて80%、30Vで55%、40Vで30%、80Vで5%となった。

【0075】図15は、図13で示した微小構造体を2次元アレイ状に形成し、プロジェクション表示装置の画像形成ミラーとして利用した様子を示す図であり、1501は光反射部、1502はレバー部、1503は上電極引き出し部、1504は下電極部、1505は駆動側基板、1506は入射光、1507は反射光を示す。本構成において、微小構造素子1001を640×480個の配列に形成し、0~100Vの矩形波によってマトリックス駆動を行ったところ、階調の良好な投影画像が得られた。

【0076】

【発明の効果】以上説明したように、構造体形成のための薄板部と、その薄板部を保持する枠部部を設けることにより、成膜時の残留応力などに起因するたわみ、ハンドリングによる傷を介在とした構造体の破壊を大幅に抑制することが可能となり、微小構造体の形成の精度と歩留りを飛躍的に向上させることができる。

【0077】また、アレイ状に微小構造体を形成する素子においては、各微小構造体間の反り量分布が飛躍的に

抑制できるため、素子性能を大幅に向上させることが可能である。

【0078】さらに、従来の接合法を用いた方法に比べ、エッチング量あるいは研磨量が少なくて済むため、エッチャントの消費量やエッチング装置の汚れが少なくなり、生産性が向上する。さらに、枠部はシリコン原料として再生が容易である。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施例1のカンチレバー構造体の模式的斜視図である。

【図2】実施例1のシリコン基板の模式的斜視図である。

【図3】図1のカンチレバー構造体の製造工程を示す工程図である。

【図4】実施例2のAFM検出用プローブ部の構造図である。

【図5】図4のプローブ部の作製工程を示す工程図である。

【図6】図4のプローブの探針形成用型材の平面図である。

【図7】図6のA-A'断面図である。

【図8】実施例3で用いる構造体形成用基板の一部の模式的斜視図である。

【図9】実施例3の微小構造体の作製工程を示す工程図である。

【図10】実施例4の、シリコン単結晶基板を用いて作製される微小構造体の模式的斜視図である。

【図11】図10の微小構造体の作製工程を示す工程図である。

【図12】図10の微小構造体を用いた投影型表示装置のマルチミラーの模式的断面図である。

【図13】実施例5の、シリコン単結晶基板を用いて作製した微小構造体の模式的斜視図である。

【図14】図13の微小構造体の製造工程を示す工程図である。

【図15】図13の微小構造体を用いた投影型表示装置のマルチミラーの模式的断面図である。

【図16】微小構造体(カンチレバー)作製の従来法の1例を示す工程図である。

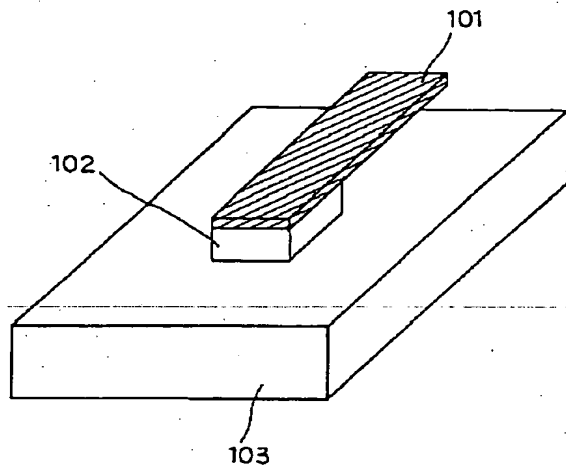
【図17】微小構造体(カンチレバー)作製の従来法の別の例を示す工程図である。

【符号の説明】

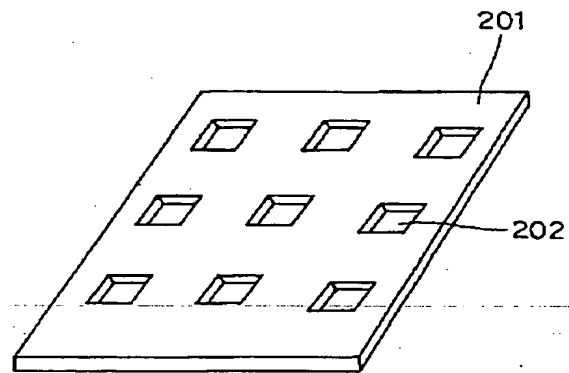
101	カンチレバー部
102	台座部
103	構造体保持基板部
201	枠部部
202	薄板部
301	微小構造体形成基板
302	窒化シリコン膜
303	エッチング部

304	シリコンの(111)結晶面		911	レジスト	
305	溝部		912	探針部	
306	構造体保持基板		1001~1004	カンチレバー	
307	台座部		1005	台座部	
308	カンチレバー部		1006	下電極部	
309	枠体部		1007	上電極部	
401	レバー部		1008	上電極引き出し部	
402	ヒンジ部		1009	駆動側基板	
403	探針部		1101	枠部	
404	検出用上電極引き出し部	10	1102	マスク部	
405	コンタクト電極部		1103	溝部	
406	コンタクト部		1104	枠部	
407	台座部		1105	薄板部	
408	検出用下電極部		1106~1109	カンチレバー部	
409	静電変位検出回路部		1110	エッチング部	
501	微小構造体形成基板		1201	微小構造体部	
502	窒化シリコン膜		1202	上電極部	
503	エッチング部		1203	上電極引き出し部	
504	シリコンの(111)結晶面		1204	下電極部	
505	溝部	20	1205	駆動側基板	
506	接合用上電極およびその引き出し部		1206	入射光	
507	接合用上電極と一部兼用される検出用上電極およびその引き出し部		1207	反射光	
508	検出回路側基板		1301~1304	ヒンジ部	
509	検出用下電極		1305	台座部	
510	接合用下電極		1307	上電極引き出し部	
511	台座部		1308	駆動側基板	
512	犠牲層		1309	光反射機能を有するレバー部	
513	コンタクト部		1401	薄板部	
514	探針接続部	30	1402	マスク部	
515	探針部		1403	溝部	
601	単結晶シリコン(100)基板		1404	ヒンジ部	
602	探針形成用溝		1405	ヒンジ部	
801	シリコン単結晶接合側基板部		1501	光反射部	
802	枠体部		1502	レバー部	
803	薄板部		1503	上電極引き出し部	
804	(熱酸化による)酸化シリコン部		1504	下電極部	
901	シリコン部		1505	駆動側基板	
902	駆動用上電極部		1506	入射光	
903	圧着部	40	1507	反射光	
904	溝部		1601	第1の基板	
905	駆動側基板		1602	犠牲層	
906	レバー台座部		1603	カンチレバー部	
907	駆動用下電極		1604	カンチレバー部材	
908	接続部		1702	パイレックスガラス層	
909	引き出し電極部		1703	第2の基板	
910	犠牲層部		1704	カンチレバー部	
			1705	台座部	

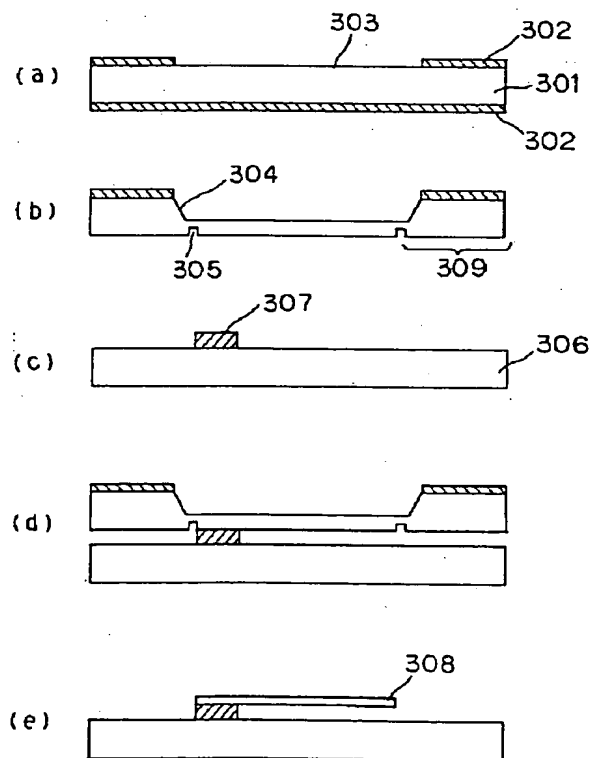
【図1】



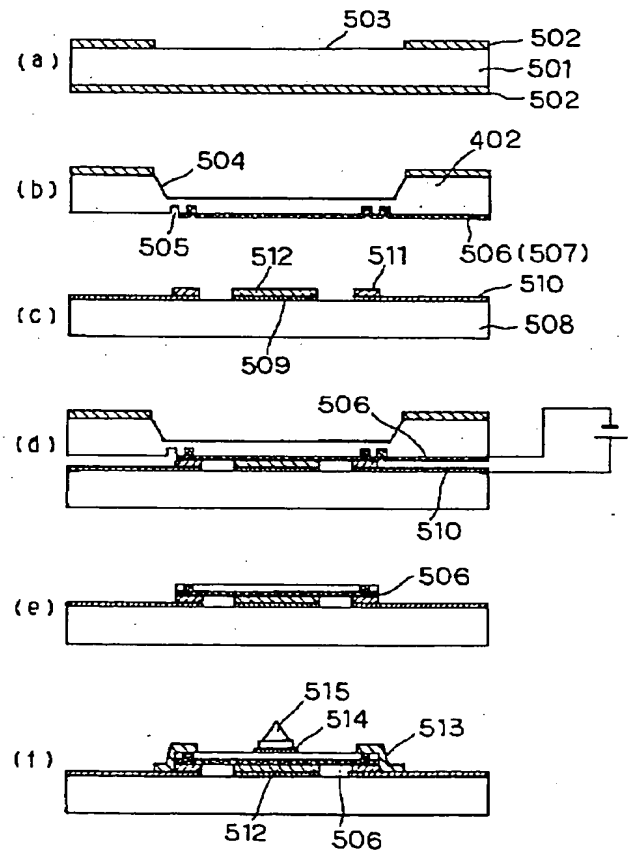
【図2】



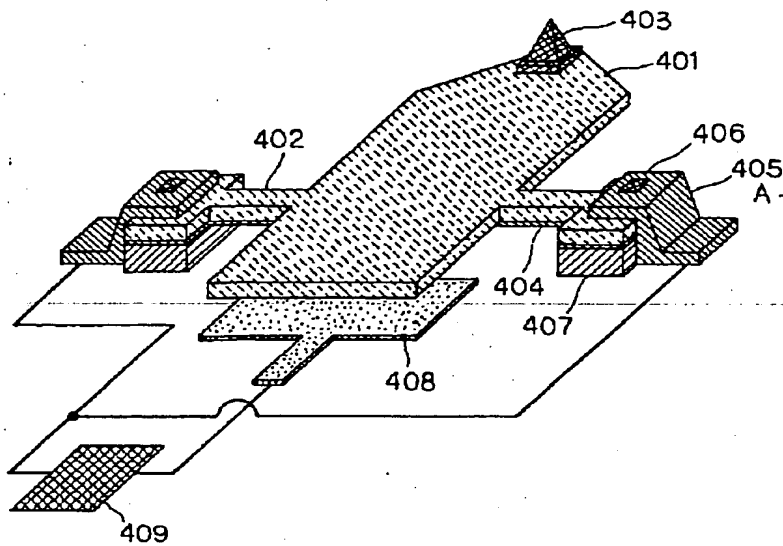
【図3】



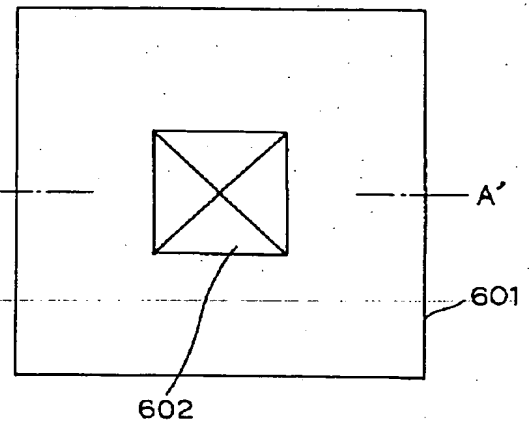
【図5】



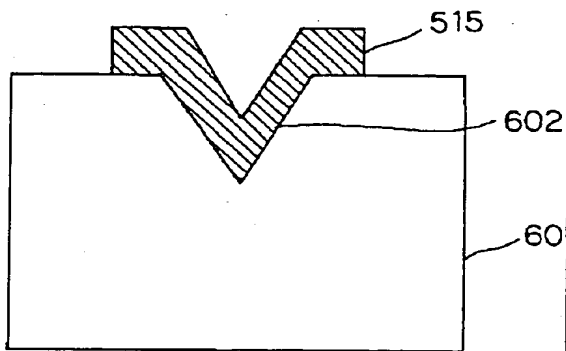
【図4】



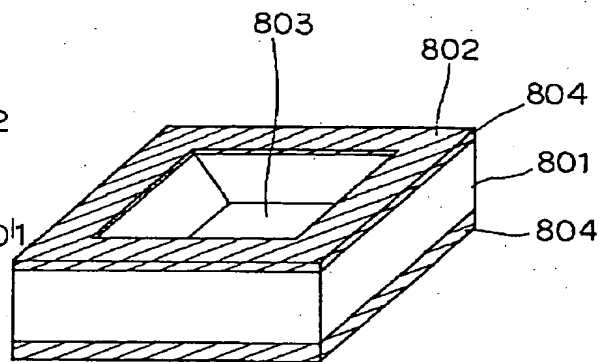
【図6】



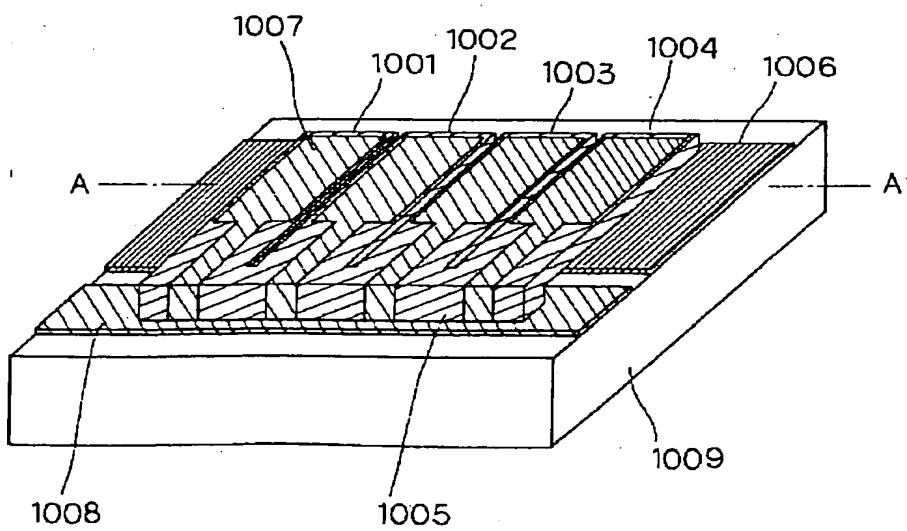
【図7】



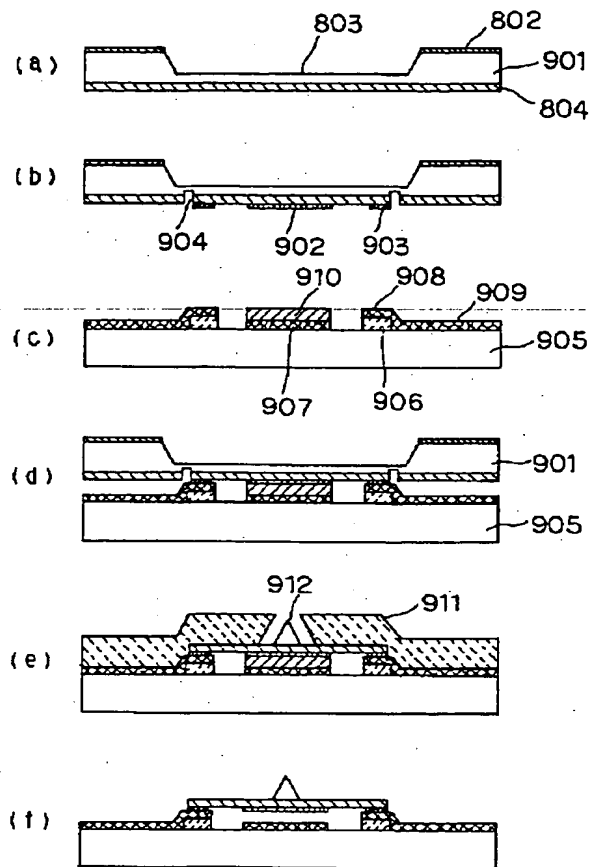
【図8】



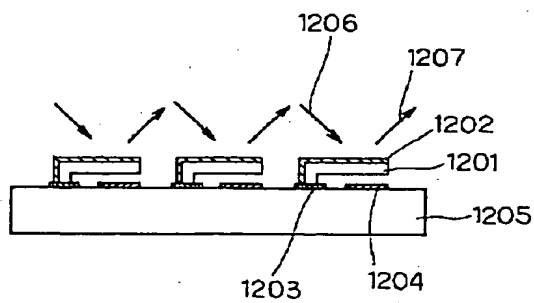
【図10】



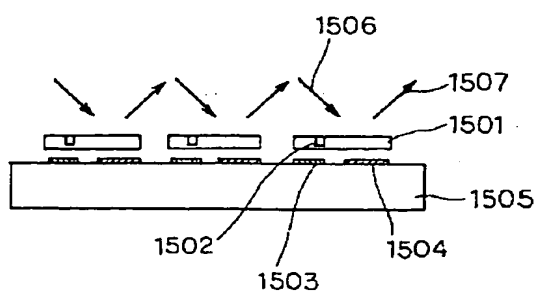
【図9】



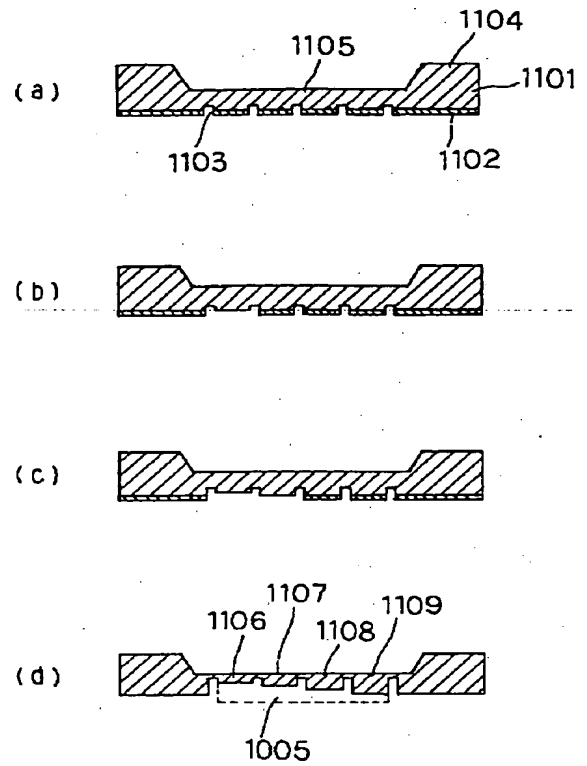
【図12】



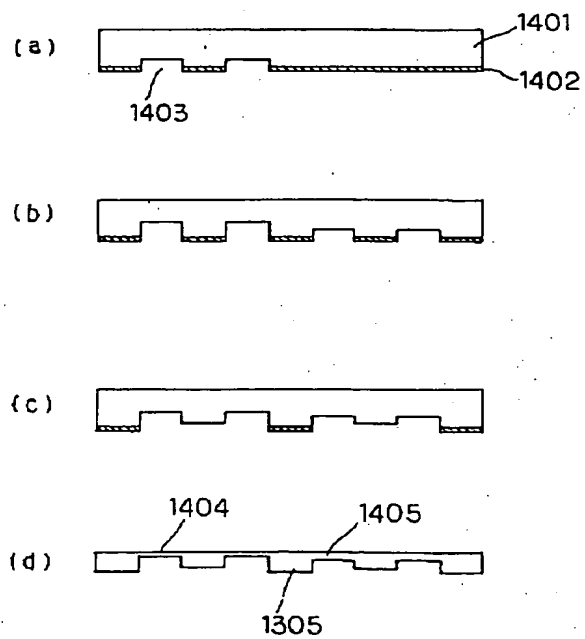
【図15】



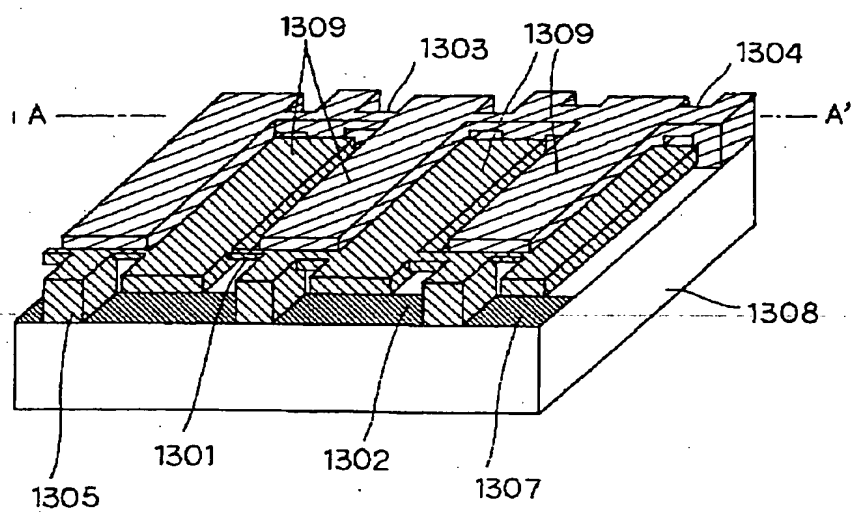
【図11】



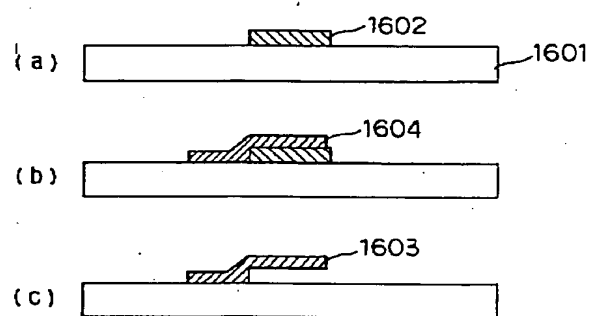
【図14】



【図13】



【図16】



【図17】

